Aus der zahnärztlichen Klinik der Universität Würzburg.

Die Innervierung des Dentins.

Inaugural-Dissertation

verfaßt und einer

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

der

BAYER. JULIUS - MAXIMILIANS - UNIVERSITÄT WÜRZBURG

zur

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE IN DER ZAHNHEILKUNDE

vorgelegt von

Paul Beck

Zahnarzt aus Würzburg.

1937

Druck von Gebrüder Memminger Würzburg

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg.

Referent: Prof. Dr. J. Münch,
Leiter der Konservierenden Abteilung der
Universitätszahnklinik Würzburg.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0145

Die Innervierung des Dentins.

Eine bis vor kurzem noch nicht einwandfrei gelöste Frage war die der Innervierung des Dentins. Ausgehend von der bekannten Empfindlichkeit des Zahnbeins hatten sich im Laufe der Zeit zwei Meinungen herausgebildet, einmal die sogenannte Reizleitungstheorie, deren Anhänger, wie Walkhoff, der Ansicht waren, daß Reize, die auf das Dentin einwirken, durch die in den Dentinkanälchen verlaufenden Protoplasmafortsätze der Odontoblasten auf die Odontoblasten selbst und von hier auf die Endigungen der Pulpanerven weitergeleitet würden, und so die Schmerzerscheinungen auslösen.

Dagegen gingen die Anhänger der zweiten Meinung von dem Gesichtspunkt aus, daß alle im menschlichen Körper auftretenden Schmerzen nur im Zusammenhang mit sensiblen Nerven denkbar sind und suchten daher den anatomischen Nachweis von Nervenfasern im Dentin zu erbringen. Daß der einwandfreie Nachweis von Nerven im Dentin der Lehre von der Reizleitung jede Berechtigung absprechen muß, ist nicht zu leugnen. So haben nach Münch und anderen Autoren die Fortsätze der Odontoblasten die Aufgabe, den Stoffwechsel für das werdende und fertige Zahnbein zu vermitteln, indem die Odontoblasten den vom Organismus gelieferten, in Lösung befindlichen Kalk aufnehmen und an ihre Fortsätze weiterleiten, die ihn als unlösliche Substanz abgeben. Bei Einwirkung äußerer Reize auf das Dentin wird dieser Vorgang beschleunigt und es erklärt sich die Entstehung des Reizdentins. Münch bezeichnet die Odontoblasten als Endglieder des Kalktransportes. Sollte die Reizleitungstheorie richtig sein, so müßte zum mindesten eine direkte Verbindung der Odontoblasten mit den Nervenfasern nachgewiesen werden, was jedoch bis jetzt von keinem Forscher dargestellt werden konnte. Dependorf stellt eine solche Verbindung sogar mit aller Entschiedenheit in Abrede. Wohl ist es möglich, wie Münch sagt, daß nervenlose lebende Substanz, wie es die Odontoblasten und ihre Fortsätze sind, auf Reize reagiert, doch wird niemand behaupten, daß diese Reaktion als Schmerz empfunden wird.

Nun ist die Darstellung von Nervenfasern im Dentin mit großen Schwierigkeiten verbunden, die sich nicht allein durch die an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit des zu untersuchenden Organs stehende Kleinheit erklären. Um sich vor Verwechslungen

zu schützen, mußten Mittel gefunden werden, die die Bindegewebsfasern färberisch so gut wie möglich ausschalteten und nur die Nerven selbst sichtbar machten. Auch wurden durch Fehler bei der Bearbeitung der zu untersuchenden Präparate bisweilen Kunstprodukte geschaffen, die zu den verschiedensten Deutungen Anlaß gaben. Als souveränes Mittel bei der Darstellung von Nerven hat sich die Silberimprägnation erwiesen in ihren einzelnen Modifikationen, während bei Fixation, Entkalkung und Entsäuerung zum Teil grundverschiedene Methoden angewandt wurden, die natürlich auch verschiedene Ergebnisse zeitigten, wodurch sich nicht zuletzt die Meinungsverschiedenheiten einzelner Autoren erklären lassen.

Erstmalig machte im Jahre 1868 B o l l nähere Angaben über den Verbleib und die Endigungsweise der in den Zahn eintretenden Nervenfasern. Zu seinen Versuchen verwendete er die Schneidezähne von Meerschweinchen und Kaninchen. Nach mehrfachen Mißerfolgen mit Überosmiumsäure und Goldchlorid, womit ihm eine Färbung der marklosen Nervenfasern nicht gelang, erzielte er mit Chromsäure brauchbare Präparate. An der Peripherie der Pulpa fand er ein reiches Netz äußerst feiner, seidig glänzender Fibrillen, die er als marklose Nervenfasern anspricht. Eine Verwechslung mit Bindegewebsfasern hält er für ausgeschlossen, da er beobachten konnte, wie die markhaltigen Nervenfasern unter Verlust ihres Markmantels in marklose Fasern übergingen. Auch die dichotomische Verzweigung wie auch die Geradelinigkeit dieser Fasern hält er für ein typisches Nervenmerkmal. Anastomosen zwischen einzelnen Fasern konnte er nicht beobachten. Von diesem am Rande der Pulpa gelegenen Netz von Nervenfasern sah er einzelne Fasern senkrecht abzweigen und in die Odontoblastenzone eindringen und hinter den Odontoblasten an der Dentingrenze frei endigen. Den Nachweis, daß diese Fasern ins Dentin selbst noch eindringen, konnte er nicht erbringen, er hält es aber für ganz sicher, einmal, weil nach seiner Ansicht die Odontoblasten und das Dentin in so innigem Kontakt stehen, daß für die frei emporragenden Nervenfasern kein Platz sei, zweitens wird er durch die Parallelität zwischen Dentinkanälchen und Nervenfaser in seiner Meinung bestärkt. In Pulpennähe nimmt er im Dentin 2 Arten von Kanälchen an, wovon die einen die Odontoblastenfortsätze, die anderen die Nervenfasern aufnehmen.

Als nächster Autor beschrieb 1888 W e i l ausführlich die Schicht unter der Odontoblastenzone, die er membrana eboris nennt. Er konnte jedoch über die Corticalschicht der Pulpa hinaus

in die ebengenannte Schicht keine Nervenfasern feststellen. Er hält es aber für möglich, daß die Nervenfasern der Corticalschicht der Pulpa sich hier in Nervenprimitivfibrillen auflösen, wovon einzelne in die membrana eboris eintreten. Die Befunde Bolls hält er nicht für beweisend.

Ebner konnte 1890 Nerven bis in die Odontoblastenzone nicht verfolgen. Auch nach den Befunden von Legros und Magitot 1879 endigen die Pulpanerven unterhalb der Odontoblastenschicht. Die Odontoblasten halten sie für die Träger der Dentinsensibilität.

Beachtenswert sind die Ergebnisse von Rezius, der 1892 Untersuchungen über die Nervenendigungen in den Zähnen anstellte. Er konnte bei Fischen und Reptilien eine Schwarzfärbung der Nervenfasern mit Hilfe der Golgimethode erzielen. Bei den Fischen (Aal, Gobius, Gasterosteus) sah er sich dichotomisch teilende Nervenfasern an der Oberfläche der Pulpa verlaufen, die sich direkt dem Zahnbein anlegten, verschiedentlich feine Seitenäste abgaben und frei endigten, jedoch nicht in das Dentin eindrangen. An seinen von Eidechsenzähnen gewonnenen Präparaten sah er feinste Nervenfasern, die von einem Hauptstrang der Pulpa, der sich baumförmig teilt, abzweigten, zwischen den Odontoblasten eindrangen und direkt unter dem Dentin mit freien, hier und da verdickten Spitzen, endigten. Ein Vordringen der Nervenfasern ins Dentin selbst konnte er auch hier nicht beobachten. Daß sich bei den Säugetieren ein ähnliches Verhalten vorfindet, hielt Rezius für wahrscheinlich. Die Bestätigung hierfür fand er in späteren Versuchen.

Hopewell-Shmith, der 1894 über die Zahnpulpa schrieb, nahm an, daß die Odontoblasten mit den Nerven der Pulpa in innigem Zusammenhang stünden und die Endorgane oder gar die Zahnbeinganglien der Pulpanerven seien. Auch bestreitet er die Dentinbildung durch die Odontoblasten, ein Irrtum, der heut längst richtig gestellt ist, denn bis heute konnte eine Verbindung zwischen Nervenfaser und Odontoblast nebst Fortsatz nie festgestellt werden.

Sehr eingehend beschäftigte sich Morgenstern mit der Frage der Dentininnervation. Wenn auch seine Ergebnisse des öfteren über das Ziel hinausschossen und von fast allen nachfolgenden Autoren angezweifelt wurden, so läßt es sich heute auf Grund der jüngsten Untersuchungen doch nicht mehr leugnen, daß seine Anschauungen in großen Zügen das Richtige trafen, wenn auch damals seine Beweise anhand seiner Präparate nicht

überzeugend wirkten und er vielleicht des öfteren andere Fasern oder Kunstprodukte als Nerven ansprach. 1892 berichtet er, daß ihm bereits 10 Jahre früher der Nachweis von Nerven an der Dentin-Schmelzgrenze permanenter Schneidezähne gelungen sei. Er konnte aber hier keinen Zusammenhang mit den Nerven der Pulpa finden. Auf Grund seiner Untersuchungen kommt er zu dem Resultat, daß das Zahnbein nicht an allen, aber an vielen und zwar ganz bestimmten Stellen innerviert sei. „Die Nerven treten aus der Pulpa, besonders reichlich an den Pulpahörnern, als Bündel von mit spärlichem Marke umgebenen Achsenzylindern in das Zahnbein. Sie verlaufen in fast scheidenlosen Kanälchen von teils geringerem, teils stärkerem Kaliber als die Zahnbeinkanälchen und können von diesen bei gewöhnlichen Untersuchungsmethoden nicht leicht unterschieden werden. Jedes Nervkanälchen enthält mindestens 2 Achsenzylinder, von denen jeder aus einer Anzahl feinster Stäbchen besteht. Die Achsenzylinder eines Kanälchens sind bis in die Nähe der Zahnbein-Schmelz- und Zahnbeinzementgrenze dicht aneinandergedrängt, trennen sich dort allmählich voneinander, zweigen ab und endigen:

1. im Zahnbein unter der Schmelz- und Zementgrenze,
2. in der Schmelz-Zahnbein- und Zahnbein-Zementgrenze,
3. sie dringen in den Schmelz.

Im Zahnbein und im stratum intermedium endigen die Achsenzylinder in knopfartigen Gebilden ellipsoider und birnenförmiger Gestalt." Morgenstern beschreibt dann noch Nervenendigungen im Schmelz selbst, jedoch ist heute mit Bestimmtheit anzunehmen, daß er sich in diesem Falle durch irgendwelche anderen Gebilde hat täuschen lassen. In einer späteren Arbeit teilt Morgenstern seine Methode mit, mit der er Nerven nachgewiesen hat, nämlich die Golgimethode, modifiziert von Ramón y Cayal. Des weiteren führt Morgenstern aus, daß im Dentin die sympatischen Nerven leicht nachzuweisen seien „wegen ihrer von den Dentinfibrillen abweichenden Richtung, besonders in der Wurzel und am Zahnhals, wo sie dichte Geflechte mit zahlreichen Ganglien bilden, deren Hauptrichtung vielfach senkrecht zu derjenigen der Dentinkanälchen steht." In einer weiteren Arbeit 1896 unterscheidet Morgenstern zwischen intratubulären Fasern, die in den Dentinkanälchen verlaufen und eine größere Länge haben, und zwischen intertubulären Fasern, die die Hauptmasse darstellen und teils in gleicher Richtung mit den Dentinkanälchen (in der Krone), teils in anderer Richtung (in der Wurzel) verlaufen. Er konnte Geflechte, Gruppen von Fasern und Einzelfasern unterscheiden. Außerdem

fand er Anastomosen zwischen inter- und intratubulären Fasern. Nach seinen Befunden wird auch die Odontoblastenschicht nach den verschiedensten Richtungen hin von Nervenfasern durchzogen.

Röse, der 1893 die von Morgenstern angegebenen Resultate einer Nachprüfung unterzog, überzeugte sich durch eigene Versuche, wobei er sich der von Morgenstern angegebenen Methoden bediente, daß auf diese Weise auf den Präparaten Niederschläge entstanden, die auf den Querschnitten Nervenfasern vortäuschten. Die von Morgenstern als Nervenendkörperchen im Schmelz gedeuteten eigenartigen kolbigen Fortsätze der Dentinkanälchen hält Röse schon wegen ihrer außerordentlichen Größe nicht für Nerven, auch konnte er in seinen eigenen Präparaten bis dahin derartige Gebilde nicht finden. Walkhoff beschrieb diese angeblichen Nervenendkörperchen als einfache Fortsätze der Dentinkanälchen in den Schmelz hinein. Röse bemühte sich dann noch selbst, wahre Nervenendigungen im Dentin nachzuweisen, konnte aber mit den verschiedensten Färbemethoden keine positiven Resultate erzielen.

1899 erschienen die Ergebnisse Hubers. Er untersuchte Zähne von Hunden, Katzen und Kaninchen, wobei er sich der intravitalen Methylenblaufärbung bediente, durch die gerade die peripheren Nerven deutlich hervortreten. Er fand, daß die Fibrillen, die von einer varicösen Faser unter den Odontoblasten abzweigten, sich nach oben zwischen diese Zellen erstrecken und in feinen Kernen in Nähe der Odontoblastenenden endigten. Auch bemerkte er kleinere Fasern, welche durch die Odontoblasten hindurchzogen und tangential zwischen diesen und dem Dentin verliefen. Diese Fasern, wie auch die unterhalb der Odontoblastenschicht einen Plexus bildenden Nervenfibrillen sind marklos. Daß sich markhaltige Fasern zwischen den Odontoblasten in das Dentin hineinerstrecken, hält er für unwahrscheinlich, da man derartige Nerven leicht in den mit Osmiumsäure gefärbten Präparaten hätte finden müssen. Wenn Morgenstern dieses annehme, so müsse er im Irrtum gewesen sein und seine eigenen Präparate falsch erklärt haben. Eine Verbindung zwischen Odontoblasten und Nervenfaser hat auch Huber nicht finden können. „Die äußersten Fibrillen verlaufen in feinen Endungen zwischen den Odontoblasten oder zwischen diesen Zellen und dem Dentin, und stehen nicht mit den Zahnbeinfasern in Verbindung, die sich durch die Odontoblasten erstrecken." Über die Sensibilität des Dentins, beziehungsweise wie die Pulpanerven gereizt werden, könne man nur Theorien aufstellen. Er selbst erklärt sich die Sensibilität ungefähr so, daß die

bei Operationen am Dentin auftretenden Vibrationen genügen können, um die sich direkt unter dem Dentin befindlichen Nerven zu reizen. Die Hauptaufgabe der Odontoblasten sieht er in der Dentinbildung.

Wenig später veröffentlichte Römer seine Ergebnisse. Er arbeitete nach der Methode wie Huber mit der vitalen Methylenblaufärbung, und nimmt an, daß ihm der Nachweis des Eintritts von Nervenfasern in das Dentin gelungen sei. Jedoch kann er mit seinen Präparaten keinen genauen Aufschluß über die Art und Verteilung der Nervenfasern und deren Verlauf in den Zahnbeinröhrchen geben. Das Ergebnis seiner Arbeit ist folgendes: „Die Nerven der Pulpa dringen als marklose Fasern durch die Zwischenräume zwischen den Odontoblasten, gelangen in die Zone zwischen Odontoblasten und Zahnbein, und dringen in das Innere der Odontoblastenfortsätze bzw. Kölliker'schen Zahnbeinröhrchen ein. (Römer nimmt an, daß die Tomes'sche Faser und Zahnbeinröhrchen ein und dasselbe seien.) Die Hauptmasse der Nervenfasern strahlt aus der Kuppel der Pulpahörner in das Zahnbein ein, während die übrigen Dentinzonen der Krone nervenärmer und das Dentin der Zahnwurzeln überhaupt nervenlos zu sein scheint. Ein großer Teil der Zahnbeinröhrchen erweitert sich an der Schmelz-Zahnbeingrenze zu eigentümlichen, teils spindeligen, teils kolbenförmigen Gebilden, die hauptsächlich zahlreich um die Spitzen der Zahnbeinhöcker angeordnet sind, und in denen an gut konservierten Schliffen kleine rundliche oder größere ovale Körperchen wahrzunehmen sind, die sich häufig rosenkranzartig aneinanderreihen und mit Goldchlorid intensiv rot färben lassen. Die kleinen Körperchen im Inneren der kolbenförmigen Erweiterungen können mit großer Wahrscheinlichkeit als Endkörperchen der sensiblen Nerven des Zahnbeins, analog den sensiblen Endkörperchen der Haut- und Schleimhautpapillen, angesehen werden."

Im gleichen Jahre erschien nochmals eine Arbeit Morgensterns, in der er auf die dichotomische Teilung der Dentinnerven hinwies. Auch glaubte er den Beweis erbracht zu haben, daß außer den Kölliker'schen Röhrchen noch zahlreiche andere röhrenförmige Gebilde das Zahnbein durchziehen und daß somit für die Lokalisation der Empfindung im Zahnbein noch andere Wege gesucht werden können als die Kölliker'schen Röhrchen.

Eine im Jahre 1902 erschienene Arbeit Ryges stimmt im wesentlichen mit den Befunden Hubers, was die Odontoblastenzone betrifft, überein.

Der nächste, und wohl der bedeutendste Forscher bis zu dieser Zeit, der über die Innervierung des Dentins Untersuchungen anstellte, war D e p e n d o r f , dessen Ausführungen 1913 erschienen. Er ist der Ansicht, daß nicht allein die Sensibilität des Dentins genügend beweisend für das Vorhandensein von Nerven sei, sondern erst der direkte anatomisch-histologische Nachweis an Hand von Präparaten. Sollte jedoch dieser Nachweis nicht gelingen, indem mit Sicherheit festgestellt würde, daß die Nervenfasern innerhalb der Odontoblastenschicht endigen, und nicht darüber hinaus ins Dentin vordringen, so könnte nur die Theorie Walkhoffs von der Reizleitung, wenn auch vielleicht mit kleinen Änderungen, richtig sein. Die Innervierung des Dentins sei noch nicht bewiesen durch den Eintritt einer einzelnen Nervenfaser ins Dentin; daher legt Dependorf Wert auf den Nachweis des Verlaufs der Nervenfasern im Dentin selbst. Gleich zu Anfang seiner Arbeit weist er auf die Schwierigkeiten bei der Anfertigung und Deutung der Präparate zur Darstellung von Nervenfasern im Dentin hin. Er hat auch die von Morgenstern und Römer gefundenen Resultate einer eingehenden Untersuchung unterzogen, muß aber gestehen, daß die von den beiden Autoren angegebenen Methoden ihn zum größten Teil im Stiche gelassen haben. Die von Morgenstern über die Innervation der Pulpa und der Odontoblastenzone gemachten Angaben lehnt er jedoch nicht völlig ab. Die von früheren Forschern für Nerven im Dentin angesprochenen Gebilde bezeichnet er zum größten Teil sowohl als Kunstprodukte oder hält sie für Verwechslungen mit anderen im Dentin vorkommenden Fasern.

Dependorf färbte seine Präparate nach den Methoden von Cayal, Bielschowsky, Golgi, Löwit und nach der von Held angegebenen Haematoxylinmethode, allerdings mit einigen Veränderungen, sodaß sich seine Resultate nicht mehr nachprüfen lassen. Untersucht wurden Zähne von Menschen und Affen. Seine Präparate entstammen zum größten Teil dem Wurzeldentin.

Nach seinen Befunden sind in der Pulpa selbst markhaltige und marklose Nervenfasern vorhanden, wobei die markhaltigen überwiegen. Durch die Odontoblastenschicht treten die Nervenfasern meist marklos hindurch, teils aus der Tiefe in sie eindringend, teils von der unterhalb der Randzone gelegenen Schicht von Nervenfasern radiär in die Odontoblastenzone abzweigend. Die meisten Fasern gehen durch die Odontoblastenschicht hindurch, während einige hier endigen und zwar „in Form feiner Spitzen oder besonderer Endapparate". Alle diese Fasern sind als Ausläufer des großen Pulpanerven anzusehen, die sich fortgesetzt

teilen. Der Verlauf der Nervenfasern innerhalb der Odontoblastenzone ist recht verschiedenartig: „Bald parallel zu den Odontoblasten, bald im Winkel zu diesen, bald bogenförmig, kniefömig oder in Schlingen. Es besteht keine ausgesprochene Parallelität zwischen Nervenfasern und Odontoblasten, höchstens dort, wo die Odontoblasten in einer Richtung mit den Dentinkanälchen liegen." Häufig kommen in der Odontoblastenzone auch dichotomische Verzweigungen vor. Nach Dependorfs Ansicht besteht hier ein einheitliches Netzwerk von Nerven, ein sogenannter Nervenplexus, ähnlich dem in der intermediären Schicht gelegenen Raschkowschen Plexus. Markhaltige Fasern waren im Bereich der Odontoblasten nur selten zu beobachten, sie gingen dann geradewegs und ungeteilt durch diese Schicht hindurch. Eine Innervierung der Odontoblasten verneint Dependorf, ja er behauptet, daß die Nervenfasern durch die Odontoblastenzellen direkt zum Ausweichen gezwungen würden. Ebensowenig findet eine gesetzmäßige Umklammerung der Odontoblasten durch die Nervenfasern statt.

Noch schwieriger als in der Odontoblastenschicht schildert Dependorf den Nachweis von Nervenfasern im Dentin und ihren Eintritt in dasselbe. Er behauptet auch, daß bisher noch kein Forscher im Dentin echte Nervenfasern einwandfrei nachgewiesen habe. Dependorf fand hier zweierlei:

1. Den Eintritt und den Verlauf von marklosen Nervenfasern aus der Odontoblastenschicht in das Dentin innerhalb der Grundsubstanz des Zahnbeins zwischen Odontoblasten und Dentinröhrchen und

2. das Herantreten von feinen Fibrillen an die Tomes'sche Faser und ihren Verlauf innerhalb des Dentinrohrs.

Bei der ersten Gruppe verlaufen die Nervenfasern vollständig unabhängig von der Tomes'schen Faser. „Die Nerven verlaufen selbständig im Dentin, sowohl quer wie längs zu den Dentinröhrchen ziehend, benutzen die zwischen den Röhrchen liegende Grundsubstanz, verlaufen in großen Netzen, sich verzweigend und miteinander anastomosierend". Auch hier fand Dependorf dichotomische Verzweigungen. Er nimmt an, daß ebenso wie in der Odontoblastenzone und wie beim Raschkow'schen Plexus im Dentin tangentiale Netze von Nervenfasern vorhanden sind, die durch radiäre Nervenfasern miteinander in Verbindung stehen. Auch die Endigungen der Nervenfasern an der Dentin-Zementgrenze scheinen nach seiner Ansicht in feinen plexusartigen Verbindungen zu bestehen.

Die zweite Art von feinen Fibrillen tritt an die Tomes'sche Faser heran und verläuft innerhalb des Dentinrohrs, wobei die Nervenfasern sich manchmal rankenförmig um den Tomes'schen Fortsatz herumlegen. Der Eintritt der Fasern in das Dentinrohr kann sowohl an der Pulpa-Dentingrenze wie auch an beliebiger Stelle im Dentin erfolgen, jedoch nicht allzuweit entfernt von der Pulpa-Dentingrenze. Dependorf nimmt an, daß die Tomes'sche Faser von einer feinen Nervenfibrille begleitet wird. Diese Fibrillen endigen in den leicht kolbigen Verdickungen der Fortsätze in unmittelbarer Nähe der Dentin-Zementgrenze. Ähnliche Zustände nimmt an, daß die Nervenfasern ins Dentinrohr eintreten, jedoch mutungen Dependorfs bestehen zwischen den in der Grundsubstanz verlaufenden und den innerhalb des Dentinrohrs sich befindlichen Nervenfasern direkte Verbindungen. Auch Mummery (1912) nimmt an, daß die Nervenfasern ins Dentinrohr eintreten, jedoch hält Dependorf die von Mummery gefundenen Nerven für Metallniederschläge. Ein klares Bild über die Innervierung der Tomesschen Faser oder die Beziehungen von Neurofibrillen zum Dentinrohr hat auch Dependorf nicht gefunden. „Wenn", so schreibt er, „in einzelnen Fällen auch unzweideutig zu sehen ist, daß die Nervenfaser am Rande des Dentinrohrs innerhalb des Rohres verläuft, so läßt sich doch keineswegs mit Bestimmtheit sagen, ob die Nervenfaser zwischen Dentin und Tomes'schen Fortsatz hinzieht oder ob sie in den Tomes'schen Fortsatz eintritt." Des weiteren fand Dependorf in seinen Präparaten noch „feinere, scharf hervortretende, hier und dort mit leichten Anschwellungen versehene Fasern, die bald im Inneren der Tomes'schen Faser, bald seitwärts, bald außerhalb derselben zu liegen scheinen". Diese scheinbare Verschiedenheit der Lagebeziehung erklärt sich durch den mehr oder weniger gewundenen Lauf der Dentinröhrchen und durch die Schnittrichtung des Präparates. Diese feinen Fasern liegen in Wirklichkeit neben und auf den Tomes'schen Fortsätzen und nicht in ihnen. Dependorf hält es für möglich, daß diese Fibrillen, die viel feiner noch als die Tomes'schen Fasern sind, ihrer dunklen Färbung und ihrer Verzweigung nach Fortsätze der in das Dentinrohr eingetretenen Nervenfasern sind, und bezeichnet sie als Kletterfasern, die die Tomes'schen Fasern umspinnen, sie begleiten und mit ihnen endigen. Auch auf Querschnitten des Dentins konnte er diese Fibrillen im Dentinrohr als feine Pünktchen am Rande desselben deutlich beobachten. Zusammenfassend sagt Dependorf über seine Befunde folgendes:

„1. Daß bei isolierten, aus dem Zahn herausgenommenen Pulpen die Neurofibrillen außerhalb der Odontoblastenschicht bis an die Tomes'schen Fasern vordringen und an sie herantreten.

2. Daß bei nicht isolierten Pulpen ebenfalls Neurofibrillen bis an die Tomes'schen Fasern herantreten und sie im Dentin begleiten.

3. Daß die Neurofibrillen aus der Pulpa durch die Odontoblastenschicht hindurch in die dentinogene Substanz und ins Dentin eindringen, indem sie die Räume zwischen den Zellen als Weg benutzen.

4. Daß die Neurofibrillen von hier aus in der dentinogenen Substanz und im Dentin im Bereiche der Zwischengrundsubstanz unabhängig von den Tomes'schen Fasern verlaufen und weitmaschige Netze bilden.

5. Daß die Neurofibrillen im Bereich der Tomes'schen Fasern innerhalb des Dentinrohrs verlaufen."

Durch den verschiedenartigen Verlauf der Nervenfasern im Dentin kam Dependorf zu der Annahme, daß ein Teil der Fasern der Empfindung, der andere der Ernährung und dem Stoffwechsel diene. Über die Endigungen der Nervenfasern machte er keine genaueren Angaben. Er hält Endigungen in Form von einfachen Schlußnetzen und leicht kolbigen Verdickungen für wahrscheinlich.

Wenig später, 1914, erschienen die Ergebnisse von F r i t s ch. Als Untersuchungsmaterial benutzte er intakte Zähne von jüngeren Menschen und von verschiedenen Säugetieren (Kalb, Hund und Igel). Von diesen Zähnen fertigte er Gefrierschnitte an, um Pulpa und Dentin im Zusammenhang zu lassen. Die besten Färbungen erzielte er mit einer modifizierten Silberimprägnation nach Bielschowsky. In seinen Präparaten fand er marklose Nervenfasern, denen er bis zu den markhaltigen Fasern der Pulpa folgen konnte, die von den parallel zum Dentin verlaufenden Hauptnervenstämmen horizontal durch die Odontoblasten hindurchtreten und in das noch unverkalkte Dentin eindringen. Hier verläuft ein Teil der Fasern innerhalb der Grundsubstanz, der andere Teil folgt den Dentinröhrchen und zwar nimmt Fritsch innerhalb der Dentinröhrchen einen feinen Lymphraum an, in dem die Nervenfasern neben den Odontoblastenfortsätzen verlaufen. In das verkalkte Dentin sah er Nervenfasern nicht eintreten, was er der tiefdunklen Farbe dieses Gewebes auf seinen Präparaten zuschreibt, die eventuell vorhandene Fasern nicht erkennen läßt. Fritsch hält es sogar für möglich, daß in jedes Dentinröhrchen eine Nervenfaser eintritt.

Der nächste Forscher, der über die Innervierung des Dentins Untersuchungen anstellte, war Mummery, der seine Ergebnisse 1916 veröffentlichte. Seine mit 33,3%iger Ameisensäure entkalkten Präparate färbte er mit Gold. Hierbei erschienen die Nervenfasern dunkelrot bis schwarz, Bindegewebe schwach rötlich, Dentinfibrillen und Korff'sche Fasern nicht so dunkel wie die Nervenfasern, sodaß er Verwechslungen für ausgeschlossen hält. Er brachte seine Präparate mittels nicht retuschierter Photos zur Darstellung. Er fand, daß die Nerven der Pulpa gegen den Rand zu ihren Markmantel verlieren und sich in feinste Fibrillen aufteilen, die unterhalb der Odontoblasten und um sie herum ein dichtes Netzwerk bilden. Sie vereinigen sich dann wieder zu stärkeren Fasern, treten durch die Odontoblasten hindurch und einzelne Fasern treten in die Dentinkanälchen ein. Eine Verbindung der Nervenfasern mit den Odontoblasten findet nicht statt. Mummerys Befunde sind zum größten Teil mit den Resultaten Dependorfs übereinstimmend.

1927 prüfte Münch die Färbemethoden Mummerys nach, dessen Ergebnisse, soweit sie die Innervation der Pulpa betrafen, er zum Teil bestätigen konnte. Jedoch konnte er mit dieser Methode die Endverästelungen der Nervenfasern wie auch Nerven im Dentin selbst färberisch nicht darstellen, da sie bei entkalkten Zähnen versagt; Mummery färbte mit dieser Methode nur isolierte Pulpen. Münch beobachtete, daß größere Nervenstämme meist nicht bis zur Odontoblastenreihe ziehen, sondern gewöhnlich unterhalb der Odontoblastenzone in einem Geflecht, dem Raschkow'schen Plexus, endigen, der parallel zur Pulpa-Dentingrenze verläuft. „Von diesem Geflecht treten nun feinste Nervenfasern zwischen die Odontoblasten hindurch in das Zahnbein hinein. Außer diesen feinsten Fasern kann man aber auch solche von dickerem Ausmaße direkt von den Hauptstämmen der Pulpa durch den unterhalb der Odontoblasten gelegenen Plexus, ohne mit denselben eine sichtbare Verbindung einzugehen, hindurchtreten sehen und deren Verlauf zum Dentin verfolgen." Um dem Verlauf der Nervenfasern im Dentin selbst folgen zu können, gebrauchte Münch eine Methode, die eine Bindegewebsfärbung vollkommen ausschließt und nur das Neurokeratingerüst und den Achsenzylinder der Nervenfaser erhält. Er bediente sich zu diesem Zwecke der Pepsinschnittverdauung, die nur das Verhornte und das Nukleïn der Kerne übrig läßt. Danach wurden die Präparate nach Bielschowsky gefärbt. Anhand der durch diese Methode gewonnenen Präparate konnte Münch Nervenfasern in den Dentinkanälchen weiterverfolgen und auch in der Nähe der Schmelz-

Dentingrenze die feinsten Endverzweigungen nachweisen, „und zwar ziehen hier unendlich kleine Fäserchen in den Kanälchen, teils geschlängelt, teils an der Wand des Röhrchens laufend, und geben ebenso feine Abzweigungen im rechten Winkel ab, welche manchmal über mehrere Kanälchen hinwegziehend verfolgt werden können. An einzelnen Stellen kann man auch rückläufige Abzweigungen verfolgen." Verschiedentlich fand Münch feinste Fasern, die quer durch die Dentinkanälchen verlaufen und an deren Wänden ihr Ende finden; er nimmt an, daß diese Fasern den Protoplasmafortsatz ringförmig umwinden. Infolge ihrer Zartheit können sie mit den Protoplasmafortsätzen selbst nicht verwechselt werden, auch ist ihr Verlauf ein typisch anderer. Ähnliche Fasern hat auch Dependorf beschrieben und sie als Kletterfasern bezeichnet. Münch hat auch bei seinen Untersuchungen die Forderungen Walkhoffs in Betracht gezogen, wonach das zu untersuchende Material den Zähnen von Menschen im Alter von mindestens 20 Jahren entnommen werden soll; hierbei müssen die Nervenfasern im Kronendentin, und zwar am besten an der Schmelz-Dentingrenze, nachgewiesen werden. Allerdings fand Münch nicht in allen untersuchten Zähnen Dentinnerven, was er teils auf die Schwierigkeiten bei der Herstellung der Präparate, teils auf eventuelle Atrophie oder Verkalkung der vorher vorhandenen Nervenfasern zurückführt. Über den Zweck der Innervation des Dentins urteilt Münch folgendermaßen, daß sie zum Schutze eines so lebenswichtigen Organes wie die Pulpa nötig sei, um einen allzuraschen Verfall der Zähne zu vermeiden. Dagegen ist die Aufgabe der Nerven bei der Bildung des Dentins wie bei der Regelung des Stoffwechsels im Dentin noch nicht geklärt.

1927 berichtet D i e ck über eine Arbeit Tojodas, und weist hierbei auf zwei Bilder von Dependorfs Befunden hin, die tatsächlich mit den Aufnahmen Tojodas größte Ähnlichkeit haben. Vor allem deutet Dieck auf die postmortalen Veränderungen der feinen Nervenfasern hin, die sich nach seiner Ansicht auch nicht durch sofortiges Hineinlegen der frisch extrahierten Zähne in körperwarme Fixationslösung aufhalten lassen, da ja das Eindringen der Lösung in das Zahnbein nur langsam vor sich geht, dagegen die halbweiche Nervensubstanz schnell der Gerinnung unterliegt. Dieck hält dies gerade für einen Vorteil bei der Darstellung der Nervenfasern, da durch die „charakteristischen perlschnur- und knötchenartigen Verdickungen" der Nervenfasern eine Verwechslung mit anderen Fasern vermieden wird.

Der besseren Übersicht halber will ich hieran anschließend

gleich die Ergebnisse T o j o d a s anführen, trotzdem sie erst im Sommer 1934 veröffentlicht wurden. Tojoda verwandte zu seinen Untersuchungen frisch extrahierte menschliche Zähne, die mit 10% iger Ameisensäure entkalkt wurden. Darauf wurden die Präparate elektrosmotisch in destilliertem Wasser ausgewaschen, um die im Gewebe zurückgebliebenen Säurerückstände und hydratisierten Kalksalze zu entfernen, was durch gewöhnliche Wässerung allein nicht durchgeführt werden kann. Als beste Färbemethode erachtete er außer der von Bielschowsky angegebenen die von ihm (Tojoda) modifizierte Goldblockfärbung. Die vom Raschkowschen Plexus ausgehenden Nervenfasern hält er ausnahmslos für marklos. Den von Dependorf genau beschriebenen Nervenplexus in der Odontoblastenschicht konnte er nicht beobachten. Außer den vom Raschkow'schen Plexus ausgehenden Nervenfasern sah er noch stärkere Fasern mit Schwann'scher Scheide vom Pulpazentrum kommend in die Odontoblastenschicht ziehen, wo sie, wie auch die vom Raschkow'schen Plexus abzweigenden Fasern parallel zu den Odontoblasten verlaufen, ohne mit ihnen eine Verbindung einzugehen. Einzelne Nervenfasern verlaufen, nachdem sie durch die Odontoblasten hindurchgetreten sind, tangential an der Prädentingrenze, sich öfters dichotomisch teilend, und bilden hier einen „Innenflächenplexus". Sie treten dann in die Dentinkanälchen ein. Andere Fasern treten entweder gleich, oder nachdem sie ein Stück an dem Rande des Prädentins entlanggelaufen sind, mit oder ohne dichotomische Verzweigung in die Dentinröhrchen ein. Die in den Kanälchen verlaufenden Fasern bezeichnet Tojoda als intratubuläre Fasern. Ähnlich wie Fritsch nimmt auch er einen Lymphspalt an, in dem die Nervenfaser verläuft. Fasern, die zuerst in die Grundsubstanz eindringen, geben unter dichotomischer Teilung Nebenäste ab, die in die benachbarten Kanälchen eintreten, und dringen dann selbst in die Kanälchen ein. Wenige Fasern kehren nach kurzem Verlauf im Dentin wieder um und lassen sich bis in die Odontoblastenschicht zurückverfolgen. Von den intratubulären Fasern zweigen in kurzen Abständen kleine Sprossen ab, die sich um die Zahnfaser herumlegen. Solche feinen Fasern haben auch Dependorf und Münch beschrieben. Außer diesen tubulären Nervenfasern sah Tojoda noch Fasern, die in der Grundsubstanz verlaufen. Es sind Abzweigungen der intratubulären Fasern, die zwischen diesen eine Verbindung herstellen. Die Endigungen der Nervenfasern im Dentin beschreibt Tojoda als „knopfförmige, pünktchenartige oder rundplättchenartige Apparate", es kommen aber auch freie Endigungen vor. Tojoda konnte

bis in ⅓—¾ Tiefe des Zahnbeins, von der Pulpa aus gerechnet, Nervenfasern im Dentin feststellen. Nur in einem Falle gelang ihm dies auch unmittelbar unter der Schmelz-Dentingrenze. Dieck hält die Endverzweigungen der Nervenfasern für so zart, daß sie sich auch jetzt noch dem Nachweis entziehen.

1928 erschien eine Arbeit P e r n a ' s über die Innervation des Dentins. Er lehnt es ab, daß die Odontoblasten nervöse Endelemente seien. Die Sensibilität des Dentins schreibt er Nervenfasern zu, die in eigenen Dentinkanälchen verlaufen und sich verteilen. Diese Fasern stammen aus dem unter den Odontoblasten gelegenen Plexus oder kommen aus der Tiefe der Pulpa. Die Dentinnerven endigen in verschiedener Höhe.

O b i g l i o sah 1930 die Nervenfasern in der Kronen-Pulpa ihre Markscheide verlieren. Sie bilden in der Odontoblastenzone unter vielfachen Verästelungen einen Plexus, ohne mit den Odontoblasten in Verbindung zu treten. Sie endigen in Form einer feinen Fibrille und scheinen nicht ins Dentin einzutreten.

1931 beschreibt C a l d e r o n unterhalb der Odontoblasten eine Auffaserung der Nerven, die er als subodontoblastischen Plexus bezeichnet. Von diesen Fasern dringen einige durch die Odontoblasten hindurch und bilden dann einen supraodontoblastischen Plexus.

Im gleichen Jahre beschrieb W o o l l a r d Nervenendigungen um die Odontoblasten herum, die ähnlich wie in anderen Organen angeordnet sind.

In einer weiteren Arbeit hat Münch die Untersuchungen Tojodas nachgeprüft, konnte aber mit der von Tojoda angegebenen Methode keine brauchbaren Resultate erzielen. Viele der von Tojoda für Nervenfasern angesprochenen Gebilde hält er nur für Silberniederschläge, jedoch hält er es auch für möglich, daß ihm (Münch) bei der Herstellung der Präparate technische Fehler unterlaufen sein können. Auf seinen eigenen mit Pepsinverdauung hergestellten Präparaten, auf denen von der Pulpa und den Bindegewebsfasern so gut wie nichts übrig blieb, sah er neben marklosen Nervenfasern auch vereinzelte markhaltige ins Dentin eintreten und sich dort dichotomisch teilen. Teils verlaufen die Fasern in den Dentinkanälchen, teils in der Grundsubstanz, wobei von den Kanalnerven öfters Nebenäste abzweigen, die über mehrere Kanälchen hinwegziehen und in der Grundsubstanz endigen. Beide Arten von Fasern endigen in Form von einfachen Ausläufern. Die meisten ins Dentin eintretenden Nervenfasern konnte

Münch bis zum Raschkow'schen Plexus, von dem sie ausgehen, zurückverfolgen.

Bei weiteren Untersuchungen, bei denen sich Münch einer modifizierten Osmium-Tanninfärbung bediente, beobachtete er an verschiedenen Stellen der ins Dentin eintretenden Nervenfasern eigenartige Verdickungen, die er infolge ihrer Gleichmäßigkeit für sensible Nervenzellen, ähnlich den Spinalganglien, hält. Auch bei den mit Osmium-Tannin gefärbten Präparaten konnte Münch sowohl in den Kanälchen wie auch in der Grundsubstanz verlaufende Nervenfasern beobachten.

In einer im Jahre 1935 erschienenen Arbeit weist Münch abermals auf die schon früher von ihm beschriebenen, verhältnismäßig dicken, im Dentin verlaufenden Nervenfasern hin, die entweder vor ihrem Eintritt ins Dentin oder auch im Dentin an irgend einer Stelle eine gleichmäßige Verdickung aufweisen, und die er für sensible Nervenzellen hält. Diese Fasern stehen in keinem sichtbaren Zusammenhang mit den Kanalnerven und treten an beliebiger Stelle ins Zahnbein ein, ohne sich an die Richtung der Dentinkanälchen zu halten. Sie geben im Dentin Seitenäste ab, die über mehrere Kanälchen hinwegziehen. Diese Fasern lassen sich bis in die Mitte des Dentins verfolgen.

S o k o l o w s k i fand bei seinen Versuchen unterhalb der Odontoblastenschicht ein dichtes Netz sich verzweigender meist markloser Nervenfasern, von denen viele durch die Odontoblasten hindurchziehen, während einige in Form von „kleinen Spitzen, Scheiben oder Ringen" in der Odontoblastenschicht endigen. Nach ihrem Durchtritt durch die Odontoblasten verlaufen sie tangential zur Dentingrenze, vereinzelte Fasern dringen ins Dentin ein.

Zu meinen eigenen Versuchen verwandte ich vollständig gesunde ein- und mehrwurzelige Zähne von Patienten im Alter von 10 bis 25 Jahren. Die Zähne wurden sofort aus der Zange zum Fixieren in 10%ige Formalinlösung gelegt, wo sie 2—3 Monate verblieben. Durch diese sofortige und lange Fixierung wurden sowohl postmortale Schrumpfungen der Nervenfasern vermieden, ebenso konnte die Fixierlösung in die feinsten Dentinkanälchen eindringen. Die fixierten Zähne wurden mit 5%iger Salpetersäure entkalkt und die dann angefertigten Schnitte mit Osmium-Tannin gefärbt. Mit dieser Methode wurde eine tiefdunkle Färbung nur der Nervenfasern erzielt, während die übrigen Bestandteile des Zahnes eine viel hellere Färbung aufwiesen und demzufolge eine Verwechslung der Nervenfasern mit anderen im Zahnbein vorhan-

denen Fasern ausgeschlossen war. An Hand dieser Präparate konnte ich einwandfrei Nervenfasern im Dentin feststellen.

Die in die Pulpa durch das Foramen apicale eintretenden verhältnismäßig starken Nervenfasern verlaufen mit den Pulpablutgefässen gemeinsam bis in die Kronenpulpa. Hier findet unterhalb der Odontoblastenzone eine zahlreiche Auffaserung der einzelnen Nervenstämme, der sogenannte Raschkow'sche Plexus, statt. Die von den Hauptnervenstämmen meist im rechten Winkel abzweigenden Nervenfasern teilen sich dichotomisch und bilden ein dichtes Netz. Von hier treten einzelne Fasern in die Odontoblastenschicht ein, ohne aber mit den Odontoblasten eine Verbindung einzugehen. Während hier ein Teil der Nervenfasern endigt, verläuft ein anderer Teil zwischen Odontoblasten und Dentin, wieder andere Fasern treten ins Dentin selbst ein.

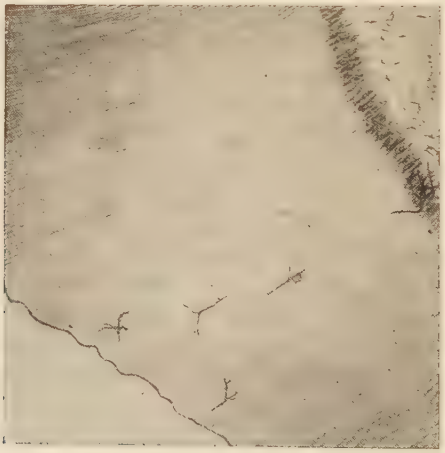

Abbildung 1.

Abbildung 1 bietet einen Überblick über einen Teil des Kronendentins eines Weisheitszahnes, in dem an 5 verschiedenen Stellen Dentinnerven deutlich zu erkennen sind. Schon die Anordnung und der typische Verlauf dieser Fasern lassen eine Verwechslung mit anderen Fasern nicht zu. Die folgenden Abbildungen sind vergrößerte Ausschnitte des in Bild 1 gezeichneten Präparates.

Abbildung 2.

Abbildung 2 zeigt sehr schön den Eintritt einer Nervenfaser von der Pulpa her durch die Odontoblastenschicht ins Dentin. Diese Faser läuft bei ihrem Eintritt in die Odontoblastenzone zunächst parallel mit den Odontoblasten und biegt dann in Mitte der Odontoblastenschicht in fast rechtem Winkel bogenförmig um. Während ihres Verlaufs durch diese Schicht gehen von der Hauptfaser senkrechte Abzweigungen ab, deren eine eine kurze Strecke über die Odontoblasten hinwegzieht, um dann wieder in die Pulpa zurückzulaufen. Auch gehen von diesem Nebenast einige noch kleinere Abzweigungen in Richtung zur Pulpa ab. Ein zweiter Nebenast läuft in leichten Windungen über die Odontoblasten hinweg und endigt hier in Form einer feinen Spitze. Eine dritte Abzweigung läuft zuerst parallel zur Dentingrenze und biegt dann in Richtung auf das Dentin zu ab. Diese Faser läßt sich bis an den Anfang des Dentins hin verfolgen, in das sie auch einzudringen scheint, allerdings in einer anderen, auf dem Präparat nicht mehr sichtbaren Ebene. An ihrem Abzweigungspunkt von der Hauptfaser findet sich eine eigentümliche knotenförmige Verdickung, die ich bei sämtlichen im Dentin auftretenden Nervenfasern beobachten konnte. Diese Knotenbildung findet sich sowohl an Abzweigstellen von Nervenfasern, als auch tritt sie plötzlich im Verlauf einer Faser auf und ist auch am Ende mancher Fasern anzutreffen. Verschiedene Forscher halten diese Gebilde, die teils rund, teils länglich oval sind, für Gebilde, die den Ganglienzellen ähnlich sind. Eine einwandfreie Lösung hierfür liegt jedoch noch

nicht vor. Weniger wahrscheinlich ist die Annahme, diese Knoten als Gerinnungsprodukte der Nervenfasern anzusprechen. Auch läßt die Kleinheit des Objekts eine genauere Untersuchung nicht zu.

Der Hauptstamm der in Abbildung 2 sichtbaren Nervenfaser tritt, nachdem er kurz zuvor noch eine vierte kleine Abzweigung abgegeben hat, in die Dentingrundsubstanz ein. Er verläuft hier schräg über die Dentinkanälchen hinweg, ohne sich an ihren Verlauf zu halten, beschreibt einen großen Bogen und endigt in einer feinen Spitze innerhalb der Grundsubstanz.

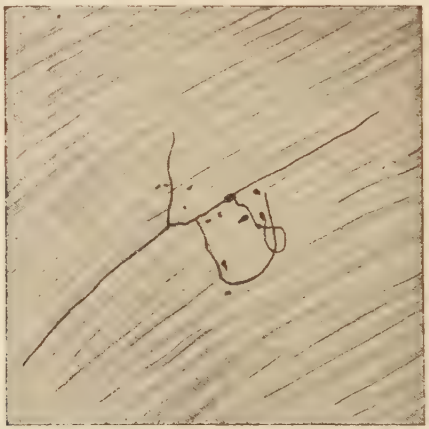

Abbildung 3.

Abbildung 3 zeigt eine ungefähr in der Mitte des Dentins auftretende Nervenfaser, die während ihres ganzen sichtbaren Verlaufs sich in einem Dentinkanälchen entlangzieht, wobei sie 3 Abzweigungen abgibt. Diese Nebenäste halten sich jedoch nicht wie die Hauptfaser in ihrem Verlauf an die Dentinkanälchen, sondern ziehen meist senkrecht zu diesen durch die Grundsubstanz. Auch hier ist an einer Abzweigungsstelle wieder die bereits vorher erwähnte Knotenbildung zu bemerken. Die von dieser Stelle ausgehende Nebenfaser zieht quer über 4—5 Dentinkanälchen hinweg, weist im ersten Drittel ihres Verlaufs eine etwas kleinere Verdickung auf, bildet dann eine Schlinge, indem sie zurücklaufend ihren eigenen Weg wieder kreuzt, und endigt in einer knotenförmigen Verdickung. Der zweite Seitenast geht ebenfalls über 4 bis 5 Dentinkanälchen, bildet dann einen großen Bogen und läuft dann wieder in Richtung auf die Hauptfaser zurück, wobei er die

erste Abzweigung überschneidet. Seine Endigung scheint jedoch in einer anderen Ebene zu liegen. Die dritte Nebenfaser verläuft in entgegengesetzter Richtung zu den beiden ersten und endigt nach einem Weg über mehrere Dentinkanälchen in einer feinen Spitze innerhalb der Grundsubstanz. In der nächsten Umgebung dieser Fasern konnte ich eine Anhäufung von runden und länglichen Verdickungen und Scheiben beobachten. Es besteht die Möglichkeit, daß sie die Endigungen von nicht sichtbaren, da in einer anderen Ebene verlaufenden Nervenfasern sind.

Abbildung 4.

Auf Abbildung 4 ist eine im zweiten Drittel des Dentins, von der Pulpa aus gerechnet, gelegene Nervenfaser zu erkennen, die sich in ihrem Verlauf an die Dentinkanälchen hält, wobei sie allerdings von einem Dentinkanälchen in ein daneben liegendes hinüberwechselt. Kurz nachdem sie einen kleinen senkrechten Seitenast abgegeben hat, der in der Grundsubstanz verläuft, teilt sie sich dichotomisch. An der Teilungsstelle ist eine allmähliche Verdickung wahrzunehmen, die auch auf die beiden Teiläste übergreift. Nach der Teilung verlaufen die beiden Fasern in leichten Windungen in der Grundsubstanz und endigen in feinen Spitzen. Auch hier sind in nächster Nähe der Nervenfaser wieder einige knotenförmige Verdickungen zu erkennen, deren Verbindungen mit der Faser selbst allerdings nicht sichtbar, aber trotzdem möglich sind.

Die beiden nächsten Abbildungen zeigen zwei Nervenfasern, die in der Nähe der Dentin-Schmelzgrenze liegen.

Abbildung 5.

Bei der im Bild 5 dargestellten Faser, die größtenteils in der Grundsubstanz verläuft, und unter anderem eine nur zum Teil in einem Dentinkanälchen verlaufende Abzweigung aufweist, ist sowohl die Knotenbildung innerhalb und am Ende einzelner Fibrillen zu bemerken, als auch Überschneidungen einiger Fasern und dichotomische Teilung.

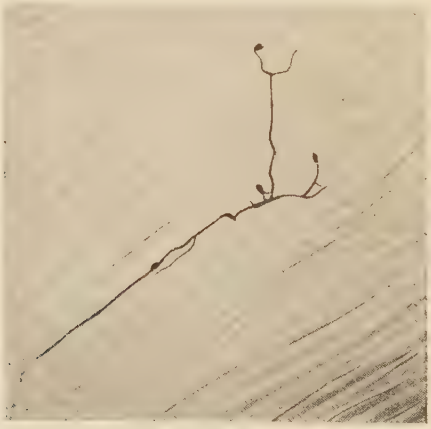

Abbildung 6.

Abbildung 6 zeigt wieder eine Nervenfaser, die in ihrem Verlauf den Dentinkanälchen folgt und neben kleineren noch eine größere in die Grundsubstanz eindringende Abzweigung abgibt; diese wiederum teilt sich dichotomisch, wobei dann kurz nach der Teilung das eine Fäserchen in einer feinen Spitze, das andere in einem kleinen Knoten endigt.

Die in den Abbildungen dargestellten Nervenfasern sind im Präparat selbst nur durch leichtes Drehen der Mikrometerschraube in ihrem ganzen Verlauf festzuhalten, da sie nie genau in einer Ebene liegen, was deutlich bei Überschneidungen von 2 Fasern zu erkennen ist. Es handelt sich also immer nur um gewisse Teilstrecken von Nervenfasern, die aus einer anderen Ebene in die des Präparats kommen und ihren Fortgang in wieder einer anderen Ebene nehmen, sodaß der ununterbrochene Verlauf der Faser von der Pulpa bis zur Dentin-Schmelzgrenze nicht sichtbar ist. Doch geben diese sichtbaren Ausschnitte ein klares Bild über die Innervierung des Dentins, über den Verlauf und die Endigungen der Nervenfasern. Es kommt sowohl vor, daß die Hauptfaser in der Grundsubstanz verläuft und Nebenäste in die Dentinkanälchen aussendet, andererseits kann auch die Hauptfaser den Dentinkanälchen folgen und Abzweigungen in die Grundsubstanz abgeben. Ob es sich hierbei um ein und dieselbe Faser handelt, läßt sich nicht feststellen. Die Fasern verlaufen sowohl in den Dentinkanälchen als auch in der Grundsubstanz, ohne sich an eine bestimmte Norm zu halten.

Bei verschiedenen Präparaten konnte ich ähnlich wie in Abbildung 5 und 6 in nächster Nähe der Dentin-Schmelzgrenze ein gehäuftes Auftreten und eine stärkere Auffaserung der Nervenfibrillen beobachten. Es scheint sich hier um eine plexusartige Endaufteilnug der Dentinnerven zu handeln. Durch diesen Befund läßt sich auch die gerade an dieser Stelle des öfteren auftretende gesteigerte Sensibilität des Zahnbeins genügend erklären.

Zusammenfassung:

1. Von den in der Pulpa gelegenen größeren Nervenstämmen wie auch vom Raschkow'schen Plexus aus treten feine Nervenfasern in die Odontoblastenschicht ein. Hier endigt ein Teil der Fasern, ohne mit den Odontoblasten eine Verbindung einzugehen.
2. Einzelne Fasern treten in das Dentin ein.

3. Die in das Dentin eingetretenen Nervenfasern verlaufen sowohl in der Grundsubstanz wie in den Dentinkanälchen und sind bis zur Dentin-Schmelzgrenze, wo sie sich plexusartig auffasern, anzutreffen.

4. Die Dentinnervenfasern geben meist senkrechte Abzweigungen ab, teilen sich dichotomisch und endigen in Form von feinen Spitzen und runden bis länglichen Scheiben oder Knötchen. Diese Knötchenbildung ist auch im Verlauf der Nervenfaser anzutreffen, jedoch ist ihre Bedeutung noch nicht einwandfrei geklärt.

5. Durch diese Befunde dürfte die Frage der Dentinsensibilität hinreichend gelöst sein.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. J. M ü n ch für die freundliche Überlassung des Themas meinen innigen Dank abzustatten.

Hiermit versichere ich ehrenwörtlich, daß ich vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine anderen Hilfsmittel benutzt habe.

P a u l B e c k.

Literaturverzeichnis.

Boll: Untersuchungen über die Zahnpulpa. Archiv für mikroskopische Anatomie 1868, Bd. 4.

Calderon: Contribution al conocimiento de la innervacion de los dientes, nervios de la pulpa dentaria y sus terminaciones. Ref.: D.M.f.Z. 1931, Z.R. 1932.

Dependorf: Beiträge zur Kenntnis der Innervation der menschlichen Zahnpulpa und des Dentins. D.M.f.Z. 1913.

Dieck: Über die alte Streitfrage der Existenz oder Nichtexistenz von Nervenfasern im menschlichen Zahnbein und ihre positive Lösung. Correspondenzblatt f. Zahnärzte 1927, H. 5.

Fritsch: Untersuchungen über den Bau und die Innervation des Dentins. Archiv f. mikroskopische Anatomie 1914, Bd. 84.

Hopewell-Shmith: Einige Beobachtungen über die zelligen Elemente der Zahnpulpa. Ref.: D.M.f.Z. 1894.

Huber: The innervation of tooth pulp. Correspondenzbl. f. Zahnärzte 1899.

Morgenstern: Vorläufige Mitteilungen über das Vorkommen von Nerven in den harten Zahnbeinsubstanzen. D.M.f.Z. 1892, H. 10.

Derselbe: Der Anteil der Blutgefässe bei der Zahnbeinbildung und die Nerven in den harten Zahnbeinsubstanzen. D.M.f.Z. 1895, H. 3, H. 6.

Derselbe: Über die Innervation des Zahnbeins. Ref.: D.M.f.Z. 1897, H. 3.

Derselbe: Beitrag zur Kenntnis der Nerven in den Zähnen. D.M.f.Z. 1896, Heft 9.

Derselbe: Der gegenwärtige Standpunkt unserer Kenntnis der Zahnbeinnerven. Correspondenzblatt f. Zahnärzte 1899.

Mummery: The innervation of dentin. Ref.: D.M.f.Z. 1917.

Münch: Untersuchungen über die Innervierung der menschlichen Zahnpulpa und des Dentins. Vierteljahresschrift f. Zahnheilkunde 1927.

Derselbe: Sinnesphysiologische und histologische Untersuchungsresultate zur Frage der Innervierung menschlicher Zähne. Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bd. 1, H. 1.

Derselbe: Über die Innervierung des menschlichen Dentins. Zeitschrift für Zellforschung und mikroskopische Anatomie, Bd. 21, H. 4, 1934.

Derselbe: Über den Nachweis von Nervenfasern im Zahnbein des Menschen. D.Z.W. 1935, Nr. 29.

Obiglio: Beitrag zum Studium der Pulpainnervation, besonders der Odontoblastenzone. Ref.: Zeitschrift f. Stomatologie 1931, und D.M.f.Z. 1930.

Retzius: Zur Kenntnis der Nervenendigungen in den Zähnen. Biologische Untersuchungen, neue Folge IV, 1892.

Römer: Zahnhistologische Studie. Ref.: D.M.f.Z. 1899, H. 3.

Röse: Über die Nervenendigungen in den Zähnen. D.M.f.Z. 1893, H. 2.

Rygge: Nerven in der Zahnpulpa. Internationale Monatsschrift f. Anatomie und Physiologie 1902. Ref.: Od.Bl. 1902—1903, Nr. 9.

Perna: Betrachtungen über die Histologie der Zahnpulpa und die Innervation des Dentins. Ref.: Z.R. 1929.

Sokolowski: Die Innervation der Pulpa. Dissertation.

Tojoda: Die Innervation des menschlichen Zahnbeins. D.Z.W. 1934, Nr. 28. 29.

Walkhoff: Die Nervenfrage im Zahnbein. Ref.: D.M.f.Z. 1924.

Weil: Zur Histologie der Zahnpulpa. D.M.f.Z. 1887, H. 9, 1888, H. 1.

Woollard: The innervation of teeth. Ref.: D.M.f.Z. 1931.

Lebenslauf.

Ich wurde am 9. April 1906 als Sohn des Rechtsanwalts Georg Beck und seiner Ehefrau Marie, geb. Grünberg, in Würzburg geboren. Vom Frühjahr 1912 an besuchte ich in Würzburg 3 Jahre die Volksschule, Ostern 1915 kam ich auf das humanistische alte Gymnasium in Würzburg, wo ich im März 1925 die Reifeprüfung ablegte. Vom Sommersemester 1925 bis Wintersemester 1928/29 studierte ich an der Universität Würzburg Rechtswissenschaft. Sommersemester 1929 war ich als Werkstudent tätig. Vom Wintersemester 1929/30 an studierte ich in Würzburg Zahnheilkunde, bestand Ende des Wintersemesters 1930/31 mein Physikum mit „Gut" und Ende des Wintersemesters 1932/33 mein Staatsexamen mit „Gut". Seit Juni 1933 war ich als Assistent und Vertreter sowohl an der Universitätszahnklinik Würzburg wie auch in verschiedenen zahnärztlichen Praxen tätig.

Paul Beck.